Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 165-179

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۷۹-۱۶۵

اثرات تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان (رقم افلاک)

حسین کمائی[1]- حمیدرضا عیسوند[2]*- فرهاد نظریان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان (رقم افلاک)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در شهرستان رامهرمز اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل تاریخ کاشت در دو سطح مناسب (۳۰ آبان) و تأخیری (۱۵ دی) به‌عنوان عامل اصلی و کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات در دو سطح عدم بذر مال و بذر مال و محلول‌پاشی عناصر روی و بور در چهار سطح با آب (شاهد)، روی، بور و روی + بور (هر کدام سه لیتر در هکتار) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت به‌دلیل تنش گرمای انتهایی غیر از میزان پرولین برگ کلیه صفات شاخص کلروفیل برگ (SPAD)، شاخص پایداری غشای سلول، حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر متقابل تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور غیر از شاخص برداشت، صفات شاخص کلروفیل برگ (SPAD)، میزان پرولین برگ، شاخص پایداری غشای سلول، Fv/Fm، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری به‌میزان ٪۳/۳۷، ٪۱۲/۲۹، ٪۶/۴۸، ٪۳/۰۲، ٪۱۷/۲۵ و ٪۲۲/۰۴ تحت تاریخ کاشت تأخیری بهبود بخشید. در این آزمایش مشاهده شد که تیمار تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات نسبت به تیمار محلول‌پاشی عناصر روی و بور و هم‌چنین محلول‌پاشی عنصر روی نسبت به بور تأثیر بیشتری در بهبود صفات فیزیولوژیک و افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک گندم نان (رقم افلاک) در هر دو تاریخ کاشت مناسب و تأخیری داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، عناصر ریزمغذی، غلات، کلروفیل

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از منابع مهم غذایی در میان محدود گیاهان زراعی عمده جهان به‌شمار می‌رود (Modhej and Fathi, 2008). گندم از نظر میزان تولید، مهمترین گیاه زراعی در جهان بوده و تولید آن در سال زراعی ۲۰۱۵-۲۰۱۴ به حدود ۷۱۷ میلیون تن رسید (Mansouri and Hosseinpour, 2015).

در ایران سالانه حدود ۶/۵ میلیون هکتار به زیر کشت گندم می‌رود (۲/۵ میلیون هکتار آبی و ۴ میلیون هکتار دیم) که حدود ۱۰ درصد از این سطح زیر کشت (حدود ۶۵۰ هزار هکتار) در مناطق جنوبی از جمله خوزستان با تنش گرمای انتهای فصل در طی گل‌دهی و دوره پر شدن دانه مواجه می‌شود که باعث کاهش ۵ تا ۴۰ درصدی عملکرد در این مناطق می‌شود (Jalal Kamali and Duveiller, 2008). تنش گرمای انتهایی ناشی از تأخیر در کاشت موجب کاهش شاخص کلروفیل برگ (SPAD) و حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Graham and McDonald, 2001)، افزایش تجمع پرولین (Kumar *et al.*, 2012)، تجمع ROS و کاهش شاخص پایداری غشای سلول (Molassiotis *et al.*, 2006)، تسریع در رسیدگی و کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (Mohammadi, 2012; Moshattati *et al.*, 2010) گردید.

برای رفع کمبود فسفر مورد نیاز گیاهان، این عنصر ضروری و پرمصرف به‌صورت کودهای شیمیایی فسفردار به خاک اضافه می‌شود که مقادیر زیادی از فسفر موجود در این کودها بعد از ورود به خاک نامحلول شده و در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده

۱- دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه لرستان
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: eisvand.hr@lu.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i1.61058

و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Naiman *et al.*, 2009). کود زیستی فسفاته (بارور- ۲) شامل مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات از جنس‌های مختلف *Bacillus* و *Pseudomonas* می‌باشد که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به‌فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند (Yousefpoor and Yadavi, 2013). آزمایش‌های مختلف نشان داد که تلقیح بذور گندم با کود زیستی فسفاته حاوی باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات نسبت به عدم تلقیح موجب افزایش عملکرد دانه (Bahari Saravi and Pyrdashti, 2013) و افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی شد (Koochaki *et al.*, 2008).

در اکثر مناطق ایران pH خاک بالا بوده و آنها آهکی هستند. بنابراین، در این نوع از خاک‌ها حلالیت عناصر غذایی کم مصرف کمتر می‌باشد و این موضوع جذب عناصر غذایی کم مصرف توسط گیاه را کاهش می‌دهد و در نهایت نیاز گیاهان به این عناصر افزایش می‌یابد (Mousavi *et al.*, 2007). بنابراین، بهتر است این عناصر به‌صورت محلول روی برگ‌ها پاشیده شوند. علاوه بر این، محلول‌پاشی عناصر غذایی را سریعتر در مقایسه با کاربرد خاکی برای گیاهان فراهم می‌کند (Yassen *et al.*, 2010). مقاومت به تنش‌های مختلف از طریق محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف افزایش می‌یابد (Ghasemian *et al.*, 2010). روی یک عنصر غذایی ضروری کم مصرف برای گیاهان است که نقش بسیار مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها، اعمال متابولیکی سلول، محافظت غشاء در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر فرآیندهای مرتبط با سازگاری گیاهان به تنش‌ها داشت (Marschner, 1995). محلول‌پاشی عنصر غذایی روی موجب افزایش شاخص پایداری غشاء سلول نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی شد (Yadavi *et al.*, 2014). بور، به‌عنوان یک عنصر غذایی کم مصرف، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در طول رشد گیاه مانند طویل شدن سلول، تقسیم سلولی، بیوسنتز دیواره سلولی، فعالیت غشاء و فرآیندهای غشایی، متابولیسم نیتروژن، فتوسنتز برگ و سنتز اوراسیل دخیل می‌باشد (Zhao, 2011). محلول‌پاشی بور موجب افزایش تجمع پرولین در برگ شد، که تجمع پرولین می‌تواند یک مکانیزم سریع برای حفاظت سلولی و تورژسانس بافت‌ها در پاسخ به تنش باشد (Moeinian *et al.*, 2011). بور می‌تواند فعالیت آنتی اکسیدانت‌های گیاهی را افزایش دهد و در نتیجه آسیب انواع اکسیژن فعال (ROS) ناشی از تنش دما را کاهش دهد (Waraich *et al.*, 2012). محلول‌پاشی روی و بور و اثر متقابل آنها برروی گیاه گندم موجب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نسبت به عدم کاربرد محلول‌پاشی شد (Ali *et al.*, 2009). دانشمندان بسیاری تأثیر مثبت عناصر غذایی کم مصرف به‌خصوص عنصر غذایی روی را بر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت (Cakmak *et al.*, 1996)، محافظت غشاء در مقابل ROS (Marschner, 1995)، افزایش شاخص پایداری غشاء سلول (Yadavi *et al.*, 2014)، افزایش کارایی فتوسنتز (Wang *et al.*, 2012)، افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی (Ghasemian *et al.*, 2010)، افزایش فلورسانس کلروفیل در شرایط تنش (Graham and McDonald, 2001) و افزایش عملکرد گندم نان (Abdoli *et al.*, 2014) گزارش دادند. این آزمایش با هدف بررسی اثرات تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان (*Triticum aestivum* L.) (رقم افلاک) اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان رامهرمز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل تاریخ کاشت در دو سطح مناسب (۳۰ آبان‌ماه) و تأخیری (۱۵ دی‌ماه) به‌منظور مصادف شدن مرحله پر شدن دانه با تنش گرمای انتهایی (Radmehr, 1997) به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات در دو سطح عدم بذر مال و بذر مال با کود زیستی فسفاته (بارور- ۲) و چهار سطح محلول‌پاشی با آب (شاهد)، روی (سه لیتر در هکتار)، بور (سه لیتر در هکتار) و روی (سه لیتر در هکتار) + بور (سه لیتر در هکتار)) بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان در سه مرحله پنجه‌زنی (Aown *et al.*, 2012)، غلاف رفتن (Zoz *et al.*, 2012) و گرده‌افشانی (Asthir *et al.*, 2012) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی بودند. برای محلول‌پاشی عنصر غذایی روی از کلات - روی هفت و نیم درصد و برای محلول‌پاشی عنصر غذایی بور از بور پنج درصد (محصولات شرکت زرافشان) استفاده گردید. در این آزمایش از رقم گندم افلاک استفاده گردید. رقم افلاک گندم دارای ویژگی‌هایی هم‌چون تیپ رشد بهاره، میانگین ارتفاع بوته ۹۴ سانتی‌متر، متوسط رس، میانگین وزن هزار دانه ۴۰ گرم، نیمه مقاوم به خوابیدگی، متحمل به ریزش، متحمل به گرما، نیمه حساس به خشکی و میانگین عملکرد دانه ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده و مخصوص کشت در مناطق گرم و خشک جنوب می‌باشد (Modhej and Fathi, 2008). خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی با نفوذپذیری اندک بود. از مشخصات این خاک می‌توان به میزان پایین پتاسیم، عناصر ریزمغذی و ماده آلی و میزان بالای فسفر، اسیدیته و شوری اشاره کرد (جدول ۱). آمار ایستگاه

هواشناسی شهرستان رامهرمز به‌منظور نشان دادن مواجه‌ی مراحل حساس رشد و نمو گندم با دمای بالای انتهای فصل در جدول ۲ آورده شده است. هر کرت، شامل هفت ردیف کاشت سه متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع بود. در این آزمایش براساس نتایج آزمون خاک مقادیر ۳۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار (در سه مرحله یک سوم قبل از کاشت همرا با کود سولفات پتاسیم و گوگرد، یک سوم در شروع طویل شدن ساقه و یک سوم آخر در آغاز گل‌دهی)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مصرف گردید. در این آزمایش به‌دلیل بالا بودن میزان فسفر از دادن کودهای فسفره به زمین زراعی اجتناب گردید. از حدود ۵ کیلوگرم بذرهای گندم رقم افلاک مورد نیاز جهت کاشت در هر دو تاریخ کاشت، حدود ۲/۵ کیلوگرم آن قبل از کاشت ابتدا روی نایلون‌های جداگانه در سایه پهن شد و با کمی آب آنها را مرطوب و سپس با محتوای مورد نیاز یک بسته ۱۰۰ گرمی کود زیستی فسفاته (بارور– ۲) (حدود ۱/۲۵ گرم) مخلوط و اجازه داده شد خشک شود. سپس اقدام به کشت کلیه بذرها به روش دستی و در عمق سه سانتی‌متری شد. آبیاری، کوددهی، مبارزه با علف‌های هرز و آفات به‌گونه‌ای انجام شد که گیاه با تنش دیگری غیر از تنش گرمای انتهایی مواجه نگردد. صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل شاخص کلروفیل برگ (SPAD)، میزان پرولین برگ، شاخص پایداری غشای سلول، ماکزیمم عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) بودند. برای تعیین شاخص کلرفیل برگ در شرایط مزرعه‌ای تعداد ۱۰ بوته از هرکرت آزمایشی در مرحله پر شدن دانه به‌طور تصادفی انتخاب و از هر بوته ۵ برگ و از هر برگ ۳ نقطه با دستگاه کلروفیل‌سنج دیجیتال مدل SPAD-502 عدد را قرائت و عدد میانگین به‌عنوان شاخص کلروفیل برگ (SPAD) ثبت گردید. به‌منظور اندازه‌گیری میزان پرولین ۰/۲ گرم از بافت سبز برگ‌های پرچم ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت در مرحله پر شدن دانه به‌همراه ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون کوبیده و از کاغذ صافی واتمن شماره ۲ عبور داده شد. به ۲ میلی‌لیتر از این محلول، ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین هیدرین اضافه و به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای ۱۰۰درجه قرار داده شد. ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و به مدت ۲۰–۱۵ ثانیه به‌شدت به‌هم زده و میزان نور جذبی در ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد. میزان پرولین استخراجی براساس میلی‌مول بر گرم وزن تر از جدول استاندارد به‌دست آمد (Bates *et al.*, 1973). شاخص پایداری غشای سلول از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌های برگ ارزیابی شد. برای این‌منظور ۱۰ برگ پرچم توسعه یافته به‌طور تصادفی در مرحله پر شدن دانه، از هر کرت برداشت و به آزمایشگاه انتقال و از هر کدام به‌وسیله پانچ، دیسک‌های ۲۰ میلی‌متری تهیه شد. قطعات حاصل پس از آن‌که سه مرتبه شسته شدند به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌متر آب مقطر انتقال یافت. این نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد) بر روی شیکر با ۱۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و EC_1 (نشت اولیه) آن‌ها با استفاده از دستگاه هدایت الکتریکی تعیین گردید. سپس نمونه‌ها در اتوکلاو و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند و EC_2 (نشت ثانویه) آن‌ها اندازه‌گیری و شاخص پایداری غشای سلول (CMSI) با استفاده از معادله ۱ تعیین شد (Lutts *et al.*, 1996).

$$CMSI=(1-(EC_1/ EC_2))\times 100 \quad (۱)$$

که در این معادله EC_1 هدایت الکتریکی اولیه (نشت اولیه) و EC_2 هدایت الکتریکی ثانویه (نشت ثانویه) می‌باشد. برای اندازه‌گیری حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) از دستگاه فلئورسانس متر کلروفیل مدل (walz, Germany) و طبق معادله ۲ استفاده شد. اندازه‌گیری تنها یک‌بار در مرحله پر شدن دانه و بلافاصله پس از اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ از برگ‌های مورد نظر در ساعات اولیه صبح و بعد از ۳۰ دقیقه تاریکی توسط کلیپس‌های مخصوص انجام شد (Van Kooten and Snel, 1990).

$$Fv/Fm= (Fm-F0)/Fm \quad (۲)$$

که در این معادله Fm فلئورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی، F0 فلئورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با تاریکی و Fv فلئورسانس متغیر (Fm-F0) می‌باشد. به‌منظور محاسبه عملکرد دانه، کل سنبله‌های برداشت شده از سطح یک متر مربع در هر کرت پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت مورد نظر با دست خرمن‌کوبی و سپس دانه‌های به‌دست آمده توزین و عملکرد دانه به‌دست آمده در سطح یک متر مربع به هکتار تبدیل شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی گیاه، پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت مورد نظر در سطح یک متر مربع کل بوته‌ها کف بر و برای هر کرت به‌طور جداگانه وزن گردید. هم‌چنین شاخص برداشت از طریق تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن مقادیر F، میانگین‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل برگ (SPAD)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص کلروفیل برگ (SPAD) گندم نان (رقم افلاک) در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه

میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص کلروفیل برگ (SPAD) گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر روی با میانگین ۶۳/۷ و کم‌ترین آن با ۲۴/۳۳ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر بور با میانگین ۴۸/۲ به‌دست آمد (شکل ۱).

این نتایج با یافته‌های Graham and McDonald, 2001 مبنی بر کاهش شاخص کلروفیل برگ (SPAD) در ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت تنش گرما و Abd El-Gawad, 2008 مبنی بر افزایش شاخص کلروفیل برگ (SPAD) در نتیجه کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات در ذرت مطابقت داشت. Graham and McDonald, 2001 گزارش دادند که اثر متقابل کاربرد روی و تنش گرما بر شاخص کلروفیل برگ (SPAD) معنی‌دار نبود اگرچه با افزایش غلظت روی شاخص کلروفیل برگ (SPAD) افزایش نشان داد. این یافته Graham and McDonald, 2001 با نتایج حاصل از کاربرد مجزای عنصر غذایی روی در این آزمایش هم‌خوانی داشت، اما با نتایج به‌دست آمده از اثرات متقابل این عنصر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات مطابقت نداشت.

میزان پرولین برگ

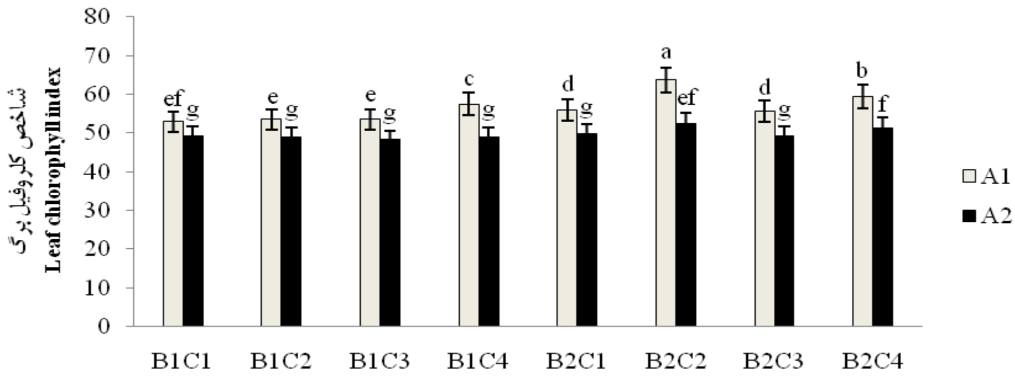
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر میزان پرولین برگ گندم نان (رقم افلاک) در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر میزان پرولین برگ گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر روی با میانگین ۱۹/۷۷ میلی‌مول بر گرم وزن تازه برگ و کم‌ترین آن با ۴۷/۷۴ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی با آب (شاهد) با میانگین ۱۰/۳۳ میلی‌مول بر گرم وزن تازه برگ به‌دست آمد (شکل ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental location

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی E.C (dS m^{-1})	اسیدیته pH	مواد آلی O.C (%)	فسفر P (mg kg^{-1})	پتاسیم K (mg kg^{-1})	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	مس Cu (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	بور B (mg kg^{-1})
رسی سیلتی Silty clay	5.8	7.64	0.92	18.6	140	47	42	11	0.90	2.80	0.63	0.71

جدول ۲- آمار ایستگاه هواشناسی در طی دوره آزمایش در شهرستان رامهرمز (۹۵-۱۳۹۴)
Table 2- Weather station statistics during the experimental period in the Ramhormoz city (2015-16)

ماه Month	میانگین دمای هوا Mean of air temperature (℃) حداکثر Maximum	حداقل Minimum	رطوبت نسبی RH (%)	بارندگی Precipitation (mm)
آبان November	31.5	17.2	42	20.7
آذر December	25.3	11.1	59	86.4
دی January	18.1	8.8	67	67.7
بهمن February	19	9.1	62	49.7
اسفند March	24.7	12.2	52	40.4
فروردین Aprill	32.5	16.7	43	29.4
اردیبهشت May	38.1	23.2	43	29.6



شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص کلروفیل برگ (SPAD) گندم نان (رقم افلاک)

Figure 1- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on leaf chlorophyll index (SPAD) of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان (رقم افلاک) تحت تأثیر تیمارهای مختلف

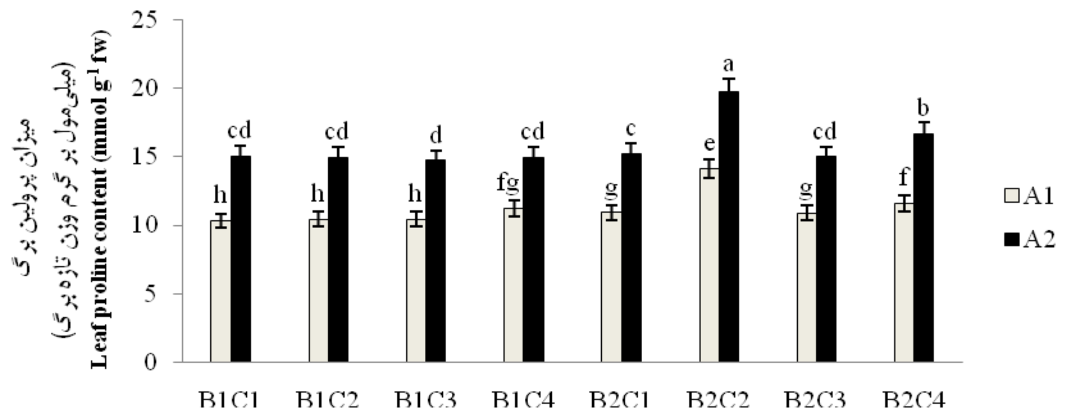
Table 3- Analysis of variance physiological and agronomic traits of bread wheat (Aflak cultivar) affected by of different treatments

منابع تغییرات **S.O.V**	درجه آزادی **d.f**	شاخص کلروفیل برگ **Leaf chlorophyll index**	میزان پرولین برگ **Leaf proline content**	شاخص پایداری غشای سلول **Cell membrane stability index**	حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم (II) **Fv/Fm**	عملکرد دانه **Grainyield**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**
تکرار (Replication)	2	0.0447$^{n.s}$	0.0019$^{n.s}$	0.104$^{n.s}$	0.000003$^{n.s}$	166.71$^{n.s}$	6432.41$^{n.s}$	0.078$^{n.s}$
A (تاریخ کاشت) (Planting date)	1	543.784**	148.657**	1695.276**	0.00335**	27503421.81**	86240112.31**	186.71**
Error a خطای الف	2	0.278	0.015	0.442	0.000006	5552.94	43262.32	0.836
B (کود زیستی) (bio-fertilizer)	1	113.098**	27.195**	343.684**	0.0051**	2452134.72**	31242116.23**	26.31**
C (محلول‌پاشی) (Foliar application)	3	29.336**	10.863**	97.601**	0.00036**	2341657.21**	3814251.54**	38.21**
A×B	1	19.840**	0.637**	0.136$^{n.s}$	0.00002*	123028.58**	851132.006**	2.01$^{n.s}$
B×C	3	18.722**	10.285**	68.205**	0.00052**	2573523.96**	9276412.22**	9.23**
A×C	3	7.613**	0.413**	8.569**	0.00001*	692.64$^{n.s}$	111356.47$^{n.s}$	1.57$^{n.s}$
A×B×C	3	6.931**	0.600**	9.505**	0.000014**	24652.34*	531897.08**	3.61**
Error b خطای ب	28	0.965	0.066	1.62	0.00007	8614.23	52321.6	0.86
ضریب تغییرات CV (%)		1.8	1.9	1.8	0.2	5.8	7.8	2.5

ns، * و **: به‌ترتیب، غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, * and **: Non significant and significant at P<0.05 and P<0.01, respectively

این نتایج با یافته‌های Dhyani *et al.*, 2013 مبنی بر افزایش میزان پرولین در برگ گندم با تأخیر در کاشت و قرار گرفتن در معرض تنش گرمای انتهایی و Parvazi Shandi *et al.*, 2013 مبنی بر افزایش تجمع پرولین در برگ گیاه گندم در نتیجه تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات تحت شرایط تنش خشکی مطابقت داشت. Karmollachaab and Gharineh, 2013 کاهش میزان پرولین در نتیجه کاربرد عنصر روی را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش و Moeinian *et al.*, 2011 افزایش تجمع پرولین در نتیجه محلول‌پاشی عنصر بور را در شرایط تنش خشکی گزارش دادند، که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت.



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر میزان پرولین برگ گندم نان (رقم افلاک)

Figure 2- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on leaf proline content of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

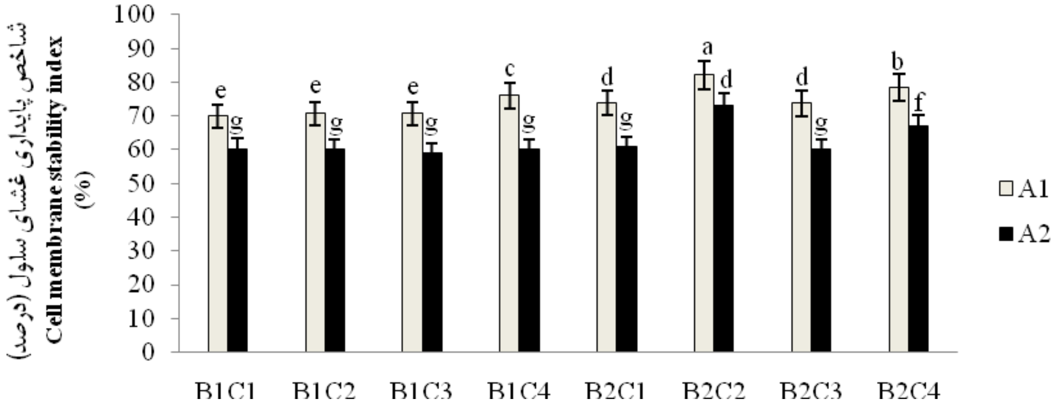
A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

شاخص پایداری غشای سلول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص پایداری غشای سلول برگ پرچم گندم نان (رقم افلاک) در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص پایداری غشای سلول برگ پرچم گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر روی با میانگین ۸۲/۱۳ درصد و کم‌ترین آن با ۲۳/۰۷ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر بور با میانگین ۵۹/۰۶ درصد به‌دست آمد (شکل ۳). این نتایج با یافته‌های Lee *et al.*, 2005 مبنی بر کاهش شاخص پایداری غشای سلول (افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها) در شرایط درجه حرارت بالا مطابقت داشت. Parvazi Shandi *et al.* (2013) در آزمایش خود نشان دادند که تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب کاهش شاخص پایداری غشای سلول (افزایش نشت الکترولیت‌ها) برگ پرچم گیاه گندم تحت شرایط تنش خشکی شد، که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت. Yadavi *et al.* (2014) گزارش دادند که محلول‌پاشی عنصر روی موجب افزایش شاخص پایداری غشای سلول (کاهش نشت الکترولیت‌ها) نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی شد. بور می‌تواند فعالیت آنتی اکسیدانت‌های گیاهی

را افزایش دهد و در نتیجه آسیب ROS ناشی از تنش دما بر شاخص پایداری غشای سلول را کاهش دهد (Waraich *et al.*, 2012). یافته‌های محققین فوق مبنی بر افزایش شاخص پایداری غشای سلول در نتیجه کاربرد مجزای عناصر روی و بور با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت، بلکه تأثیر این عناصر در افزایش شاخص پایداری غشای سلول بیشتر به‌صورت اثرات متقابل با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات بود.



شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص پایداری غشای سلول گندم نان (رقم افلاک)

Figure 3- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on cell membrane stability index of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

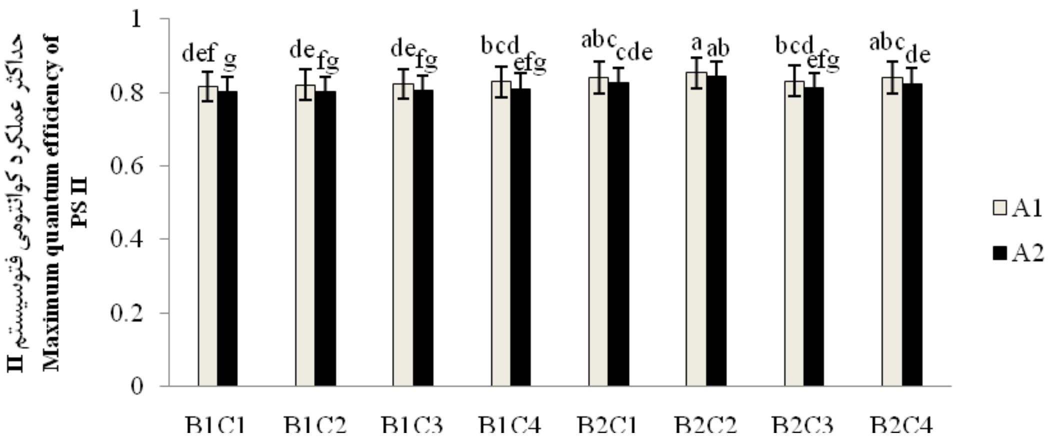
A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تاریخ کاشت × محلول‌پاشی عناصر روی و بور (معنی‌دار بودن در سطح ۵٪)، کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) گندم نان (رقم افلاک) در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر روی با میانگین ۰/۸۵۴ و کم‌ترین آن با ۶/۲۰ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی با آب (شاهد) با میانگین ۰/۸۰۱ به‌دست آمد (شکل ۴). Lu and Zhang (2000) گزارش دادند که در دمای نسبتاً بالا هیچ تغییری در حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) مشاهده نکردند. این یافته Lu and Zhang, 2000 با نتایج این آزمایش هم‌خوانی نداشت. هم‌چنین این نتایج با نتایج به‌دست آمده توسط Shool and Shamshiri, 2014 مبنی بر افزایش حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) در نتیجه کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات مطابقت داشت. در گیاهان محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف به‌صورت مجزا و ترکیبی باعث کاهش نسبت فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) در شرایط تنش خشکی گردید (Babaeian *et al.*, 2011). نتایج آزمایشات مزرعه‌ای و گلدانی Graham and McDonald, 2001 نشان داد که کاهش در حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) ناشی از درجه حرارت بالا، از طریق افزایش کاربرد عنصر روی به‌خصوص در ژنوتیپ‌های گندمی که با کمبود روی مواجه هستند کاهش یافت. نتایج این آزمایش با

یافته‌های Babaeian *et al.*, 2011 هم‌خوانی نداشت اما با نتایج به‌دست آمده توسط Graham and McDonald, 2001 هم‌خوانی داشت.



شکل ٤- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II گندم نان (رقم افلاک)

Figure 4- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on maximum quantum efficiency of PSII (Fv/Fm) of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

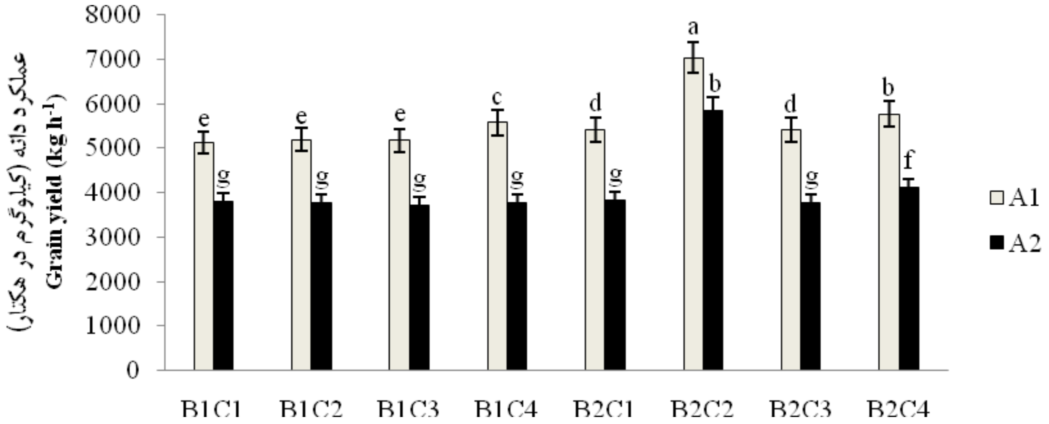
A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور (معنی‌دار بودن در سطح ٪۵) کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه گندم نان (رقم افلاک) در سطح ٪۱ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر روی با میانگین ۷۰۵۴/۶۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن با ۴۷/۱۳ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر بور با میانگین ۳۷۲۹/۴۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۵). نتایج این آزمایش با نتایج به‌دست آمده توسط Mohammadi, 2012 و Dhyani *et al.*, 2013 مبنی بر کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد گندم در نتیجه برخورد مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه با تنش گرمای انتهایی مطابقت داشت. تلقیح بذور گندم با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات نسبت به عدم تلقیح موجب افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد شد (Bahari Saravi and Pyrdashti, 2013). مصرف فسفر زیستی، سبب افزایش مقاومت گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی و افزایش عملکرد گردید (Koochaki *et al.*, 2008). نتایج به‌دست آمده توسط محققین فوق با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. محلول‌پاشی با عناصر غذایی کم مصرف موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم گردید (Zain *et al.*, 2015). محلول‌پاشی عناصر روی و بور و اثر متقابل آنها بر روی گیاه گندم موجب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد محلول‌پاشی گردید (Ali *et al.*, 2009). نتایج به‌دست آمده توسط محققین فوق مبنی بر افزایش

عملکرد دانه با کاربرد عناصر روی و بور تنها در کاربرد تلفیقی روی + بور و اثرات متقابل این عناصر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات مشاهده گردید و در کاربرد مجزای آنها مشاهده نگردید.



شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه گندم نان (رقم افلاک)

Figure 5- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on grain yield of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

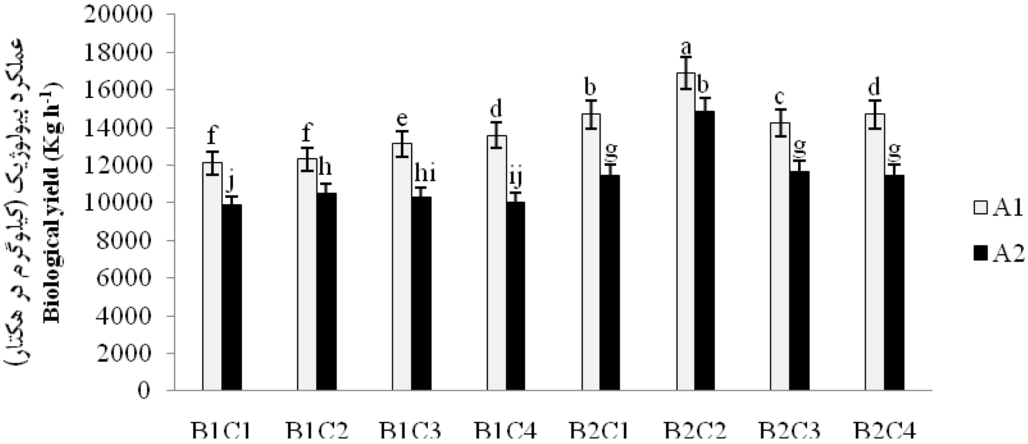
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول‌پاشی عناصر روی و بور، کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد بیولوژیک گندم نان (رقم افلاک) در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد بیولوژیک گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر روی با میانگین ۱۶۹۳۴/۱۲ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن با ۴۱/۶۱ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی با آب (شاهد) با میانگین ۹۸۸۶/۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۶). Moshatati *et al.* (2012) گزارش دادند که تنش گرمای انتهایی ناشی از تأخیر در کاشت موجب تسریع در مراحل رشد و نمو و کاهش عملکرد بیولوژیک در گیاه گندم شد، که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی داشت. استفاده از کود زیستی به انحلال فسفر خاک کمک کرد و میزان فسفر قابل دسترس را در خاک افزایش داد و دسترسی بیشتر گیاه به فسفر سبب رشد بهتر ریشه و به دنبال آن رشد بیشتر اندام‌های هوایی گیاه گردید (Trolore *et al.*, 2003)، که می‌تواند توجیه‌کننده افزایش بیولوژیک گندم در نتیجه کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات باشد. هم‌چنین Ali *et al.*, 2009 در آزمایش خود نشان دادند که کاربرد عناصر روی و بور موجب افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه گندم گردید، که این نتیجه آنها با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.



شکل ٦- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد بیولوژیک گندم نان (رقم افلاک)

Figure 6- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on biological yield of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

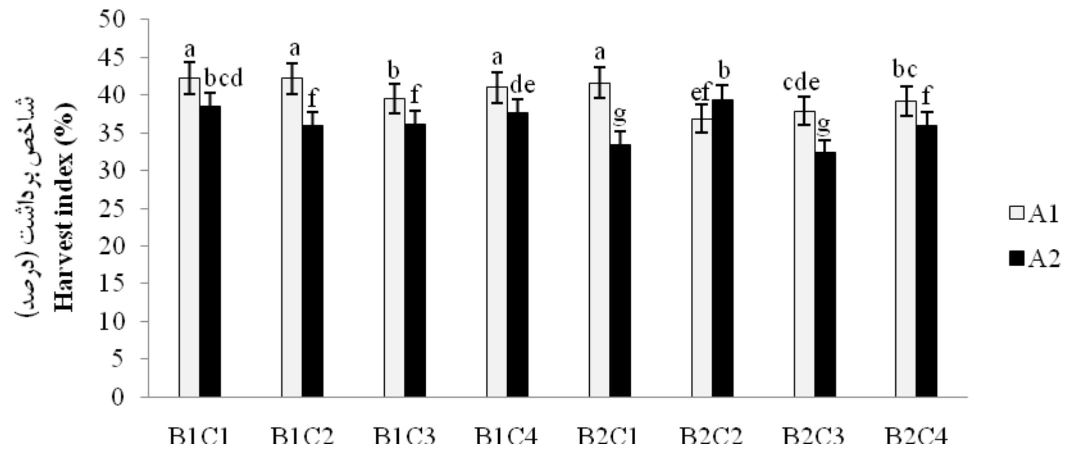
در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غیر از اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تاریخ کاشت × محلول‌پاشی عناصر روی و بور، کلیه اثرات اصلی و متقابل تاریخ کاشت، کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص برداشت گندم نان (رقم افلاک) در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص برداشت گندم نان (رقم افلاک) نشان داد که بیش‌ترین میزان این صفت در اثرات متقابل تاریخ کاشت مناسب ۳۰ آبان‌ماه × عدم بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی با آب با میانگین ۴۲/۴ درصد و کم‌ترین آن با ۱۰/۱ درصد کاهش در اثرات متقابل تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ دی‌ماه × بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عنصر بور با میانگین ۳۲/۳ درصد به‌دست آمد (شکل ۷). نتایج این آزمایش با یافته‌های Dhyani *et al.*, 2013 مبنی بر کاهش شاخص برداشت با تأخیر در کاشت مطابقت داشت. استفاده از کود زیستی فسفاته سبب توسعه بیشتر ریشه، استفاده بهتر گیاه از آب و مواد غذایی خاک، رشد زایشی بیشتر، افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش شاخص برداشت شد (Mansouri, 2013). در این آزمایش بر خلاف یافته Mansouri, 2013 شاخص برداشت با کاربرد کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات نسبت به عدم کاربرد کاهش نشان داد. Abdoli *et al.* (2014) گزارش دادند که محلول‌پاشی عنصر غذایی روی در مراحل مختلف فنولوژیک، غیر از شاخص برداشت سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم نسبت به عدم محلول‌پاشی شد، که این یافته آن‌ها با نتایج این آزمایش هم‌خوانی داشت. هم‌چنین نتایج این پژوهش با نتایج Jafari Moghadam *et al.*, 2012 مبنی بر افزایش شاخص برداشت با محلول‌پاشی عنصر بور در گیاه گندم نسبت به عدم کاربرد مطابقت نداشت. در این آزمایش مشاهده شد که محلول‌پاشی عناصر روی و بور موجب کاهش شاخص برداشت نسبت به تیمار شاهد گردید. دلیل آن را می‌توان به بیشتر بودن عملکرد بیولوژیک و افزایش مخرج کسر در محاسبه شاخص برداشت در تیمارهای اعمال محلول‌پاشی با عناصر روی و بور نسبت به تیمار شاهد نسبت داد.



شکل ۷- اثر متقابل تاریخ کاشت × کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات × محلول‌پاشی عناصر روی و بور بر شاخص برداشت گندم نان (رقم افلاک)

Figure 7- Interaction of planting date × bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria × elements foliar application of zinc and boron on harvest index of bread wheat (Aflak cultivar)

A1: تاریخ کاشت مناسب (۳۰ آبان)، A2: تاریخ کاشت تأخیری (۱۵ دی)، B1: عدم بذر مال، B2: بذر مال با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، C1: محلول‌پاشی با آب، C2: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار)، C3: محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار) و C4: محلول‌پاشی با روی (سه لیتر در هکتار) + محلول‌پاشی با بور (سه لیتر در هکتار).

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD ندارند.

A1: optimum planting date (21 November), A2: late planting date (5 January), B1: seed non-inoculated, B2: seed inoculation with phosphate bio-fertilizer, C1: foliar application by water (control), C2: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1}), C3: foliar application by Boron (3 lit h^{-1}) and C4: foliar application by Zinc (3 lit h^{-1})+ Boron (3 lit h^{-1}).

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level by LSD test.

نتیجه‌گیری

تأخیر در کاشت به‌دلیل تنش گرمای انتهایی غیر از میزان پرولین موجب کاهش شاخص کلروفیل برگ (SPAD)، میزان پرولین برگ، شاخص پایداری غشاء سلول، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم نان (رقم افلاک) گردید. تیمار تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات نسبت به تیمار محلول‌پاشی عناصر روی و بور غیر از شاخص برداشت تأثیر بیشتری در بهبود صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان (رقم افلاک) نشان داد. با این حال، کاربرد مجزای هر دو عامل نیز غیر از شاخص برداشت موجب کاهش اثرات زیان‌بار تنش گرمای انتهایی ناشی از تأخیر در کاشت بر صفات مورد اندازه‌گیری، گردید. در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی، کاربرد تلفیقی عناصر روی + بور غیر از شاخص برداشت در بهبود صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان (رقم افلاک) مؤثرتر بود. در بین اثرات متقابل کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور، کاربرد عنصر روی نسبت به کاربرد تلفیقی آن با بور توانست تأثیر بیشتری در کاهش اثرات مضر ناشی از تأخیر در کاشت داشته باشد. بین صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده و صفات زراعی غیر از شاخص برداشت ارتباط مثبت و معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری‌که بهبود صفات فیزیولوژیک تحت اعمال تیمارهای تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر روی و بور موجب افزایش عملکرد گندم و عملکرد بیولوژیک گندم نان (رقم افلاک) تحت تاریخ‌های کاشت مناسب و تأخیری گردید. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که از روش‌های مدیریتی مناسب از جمله تاریخ کاشت مطلوب، تلقیح بذر با کود زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و محلول‌پاشی عناصر غذایی کم مصرف به‌خصوص روی می‌توان در جهت بهبود صفات فیزیولوژیک و زراعی گندم نان در مناطق گرمسیری از جمله شهرستان رامهرمز بهره برد.

References

1. Abdoli, M., Esfandiari, E., Mousavi, B., and Sadeghzadeh, B. 2014. Effects of foliar application of zinc sulfate at different phenological stages on yield formation and grain zinc content of bread wheat (cv. Kohdasht). Azarian Journal of Agriculture 1 (1): 11-17. (in Persian).
2. Abd El-Gawad, A. M. 2008. Employment of bio-organic griculture technology for *Zea mays* L. cultivation in

some desert soils. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 553-565.
3. Ahmadi Lahijani, M. J., and Emam, Y. 2013. Responses of wheat genotypes to late-season drought stress using physiological indicators. Journal of crop production and processing 3 (9): 163-175. (in Persian).
4. Ali, S., Shah, A., Arif, M., Miraj, G., Ali, I., Sajjad, M., Farhatollah, M., Khan, Y., and Khan, M. 2009. Enhancement of wheat grain yield components through foliar application of zinc and boron. Sarhad Journal of Agriculture 25 (1): 15-19.
5. Aown, M., Raza, S., Saleem, M. F., Anjum, S. A., Khaliq, T., and Wahid, M. A. 2012. Foliar application of potassium under water deficit conditions improved the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). The Journal of Animal & Plant Sciences 22 (2): 431-437.
6. Asgarnejad, M. R., Zarei, Gh., and Zarezadeh, A. 2015. Effects of planting date and plant density on yield and yield components of *Brassica nigra* under Abarkooh climatic conditions. Journal of Crop Production 8 (3): 183-198. (in Persian).
7. Asthir, B., Thapar, R., Farooq, M., and Singh Bains, N. 2012. Exogenous application of thiourea improves the performance of late sown wheat by inducing terminal heat resistance. International Journal of Agriculture and Biology 15: 1337-1342.
8. Babaeian, M., Heidari, M., and Ghandari, M. 2011. Effect of drought stress and foliar micronutrients on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). Iranian Journal of Filed Crop Science 2 (4): 377-391. (in Persian).
9. Bahari Saravi, H., and Pyrdashti, H. A. 2013. Evaluation of plant growth promoting bacteria (PGPR) and phosphate solubilizing (PSM) on yield and yield components wheat (N80 cultivar) at different levels of nitrogen and phosphorus in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10 (4): 681-689. (in Persian).
10. Barr, H. D., and Weatherley, P. E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Science 15 (1): 413-428.
11. Bates, L. S., Waldern, R. P., and Teare, E. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
12. Cakmak, I., Wolfgang, H. P., and Bonnie, M. C. 1996. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry 87 (1): 10-20.
13. Dhyani, K., Ansari, M. V., Roa, Y., Verma, R. S., Shukla, A., and Tuteja, N. 2013. Comparative physiological response of wheat genotypes under terminal heat stress. Plant Signaling and Behavior 8 (6) e24564: 1-6.
14. Ghasemian, V., Ghalavand, A., Soroosh Zadeh, A., and Pirzad, A. 2010. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed. Journal of Phytology 2: 73-79.
15. Graham, A. W., and McDonald, G. K. 2001. Effect of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference 2001, Australian Society of Agronomy. Hobart, Tasmania, Australia.
16. Jafari Moghadam, M., Heidari Sharifabad, H., Noormohamadi, G., Sadeghian Motahar, Y., and Siadat, A. 2012. The Effect of Zinc, Boron and Copper Foliar Application, on Yield and Yield Components in Wheat (*Triticum aestivum* L.). Annals of Biological Research 3 (8): 3875-3884.
17. Jalal Kamali, M. R., and Duveiller, E. 2008. Wheat Production and Research in Iran: A Success Story. In International Symposium on Wheat Yield Potential, Challenges to International Wheat Breeding. 2008. Mexico, D.F. CIMMYT.
18. Karmollachaab, A., and Gharineh, M. H. 2013. Effect of Zinc Element on Growth, Yield Components and some Physiological Characteristics of Maize under NaCl Salinity Stress. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 446-453. (in Persian).
19. Koochaki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6 (1): 127-138. (in Persian).
20. Kumar, R., Goswami, S., Sharma, S. K., Singh, K., Gadpayle, K. A., and Kumar, N. 2012. Protection against heat stress in wheat involves change in cell membrane stability, antioxidant enzyme, osmolyte, H_2O_2 and transcript of heat shock protein. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 4 (4): 83-91.
21. Lee, D. G., Ahsan, N., Lee, S. H., and Kang, K. Y. 2005. A proteomic approach in analyzing heat-responsive proteins in rice leaves. Proteomics. 7 (18): 3369-3383.
22. Lu, C. M., and Zhang, J. H. 2000: Heat-induced multiple effects on PSII in wheat plants. Journal of Plant Physiology 156: 259-265.
23. Lutts, S., Kinet, J. M., and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Journal of Annals of Botany 78: 389-398.
24. Mansouri, I. 2013. Response of promising line N8119 of wheat to application of phosphate bio-fertilizer. Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture) 15 (1): 125-134. (in Persian).
25. Mansouri, H., and Hosseinpour, S. 2015. The parent specialized company and government commercial of Iran. Cereal Research Centre. International Grains Council: 97-93. (in Persian).
26. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd ed. Academic Press, New York.

27. Modhej, A., and Fathi, Gh. 2008. Wheat Physiology. Islamic Azad University Puplication (Shushtar branch). pp 317. (in Persian).
28. Moeinian, M. R., Zargari, K., and Hassanpour, J. 2011. Effect of boron foliar spraying application on quality characteristics and growth parameters of wheat grain under drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 10 (4): 593-599.
29. Mohammadi, M. 2012. Effects of kernel weight and sourcelimitation on wheat grain yield under heat stress. African Journal of Biotechnology 11 (12): 2931-2937.
30. Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G., and Therios, I. 2006. Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM9 (*Malus domestica Borkh*). Environmental and Experimental Botany 56 (1): 54-62.
31. Moshattati, A., Alami-Saied, Kh., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A. M., and Jalal-Kamali, M. R. 2010. Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread wheat cultivars in Ahwaz conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 12 (2): 85-99. (in Persian).
32. Mousavi, S. R., Galavi, M., and Ahmadvand, G. 2007. Effect of Zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato. Asian Journal of Plant Sciences 6 (1): 1256-1260.
33. Naiman, A. D., Latronico, A., and Salamon, G. 2009. Inoculation of wheat Azospirillum brasilense and Peseudomonas fluorescens: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology 45 (1): 44-51.
34. Parvazi Shandi, S., Pazoki, A. R., Asgharzadeh, A., Azadi, A., and Paknejad, F. 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of kavir cultivar wheat. Crop Physiology Journal 5 (18): 19-33. (in Persian).
35. Radmehr, M. 1997. Effect of heat stress on physiology of growth and development of wheat. Ferdowsi University Press. pp. 201. (in Persian).
36. Shool, A., and Shamshiri, M. H. 2014. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescence* on chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments of pistachio seedlings (*Pistacia vera* cv. *Qazvini*) under four water regimes. European Journal of Experimental Biology 4 (3): 246-252.
37. Trolore, S. N., Hedley, M. J., Kirk, N., Bolan, S., and Loganathan, P. 2003. Changes in phosphorous fractions, pH, and phosphates activity in rhizosphere of two rice genotypes. Australian Journal of Soil Research 41 (1): 471-499.
38. VanKooten, O., and Snel, J. F. H. 1990. The use of chlorophyll fluresence nomenclature in plant strees physiology. Photosynthesis Research 25 (3): 147-150.
39. Wang, J. M., Zhao, H., Huang, D., and Wang, Z. 2012. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. Field Crops Research 135 (1): 89-96.
40. Waraich, E. A., Ahmad, R., Halim, A., and Aziz, T. 2012. Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12 (2): 221-244.
41. Yadavi, A. R., Saeidi Aboueshaghi, R., Movahhedi Dehnavi, M., and Balouchi, H. 2014. Effect of micronutrients foliar application on grain qualitative characteristics and some physiological traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences ISSN 4 (4): 124-131.
42. Yassen, A., Abou El-Nour, E., and Shedeed, S. 2010. Response of wheat to foliar Spray with urea and micronutrients. Journal of American Science 6 (9): 14-22.
43. Yousefpoor, Z., and Yadavi, A. R. 2013. Effect of Biological and Chemical Fertilizers of Nitrogen and Phosphorus on Quantitative and Qualitative Yield of Sunflower. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 24 (1): 95-112. (in Persian).
44. Zain, M., Khan, I., Khan Qadri, R. W., Ashraf, U., Hussain, S., Minhas, S., Siddique, A., Muzammil Jahangir, M., and Bashir, M. 2015. Foliar application of micronutrients enhances wheat growth, yield and related attributes. American Journal of Plant Sciences 6 (7): 864-869.
45. Zhao, Ai-Qing. 2011. Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Environmental Biology 32 (2): 235-239.
46. Zoz, T., Steiner, F., Fey, R., Dalazen Castagnara, D., and Pereira Seidel, E. 2012. Response of wheat to foliar application of zinc. Ciência Rural, Santa Maria 42 (5): 784-787.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 165-179

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۷۹-۱۶۵

Effects of Planting Date, Bio-fertilizer Containing P Solubilizing Bacteria and Elements Foliar Application of Zinc and Boron on Physiological and Agronomic Traits of Bread Wheat (Aflakcultivar)

H. Kamaei[1]- H. R. Eisvand[2*]- F. Nazarian[3]

Received: 15-12-2016
Accepted: 12-07-2017

Introduction

Wheat, being a major source of human food, occupies a significant portion of cultivated area of globe mostly located in altitude from a few meters to more than 3,000 m above sea level. High temperature resulting from delay in planting date is one major environmental factor limiting growth and productivity of wheat. Plants need phosphorus in relatively large quantities, and its role cannot be played by any other elements. Phosphate bio-fertilizers bacteria such as *Bacillus* and *Pseudomonas* increased soil soluble phosphorus by secreting organic acids and phosphatase enzyme. In most of the Iranian soils pH is high and they are also calcareous. In this type of soils, solvability of micronutrients is less and it decreases absorption of micronutrients by plant, finally requirement of plants increases to this elements. This experiment was conducted to study the effects of planting date, Bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria and elements foliar application of zinc and boron on physiological and agronomic traits of bread wheat (Aflakcultivar).

Materials and Methods

To study the effects of planting date, bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria and elements foliar application of zinc and boron on physiological and agronomic traits of bread wheat (Aflakcultivar), an experiment was conducted at split factorial design based on randomized complete blocks with 16 treatments and three replications in Ramhormoz city in farming Year 2015-16. The experimental factors were included planting date in two levels (21 November and 5 January) as the main factor and use of bio-fertilizer in two levels of seed non-inoculated and seed inoculation with phosphate solubilizing bacteriaand elements foliar application of zinc and boron in four levels by water (control), zinc (3 L ha^{-1}), boron (3 L ha^{-1}) and zinc (3 L ha^{-1}) + boron (3 L ha^{-1}) to form of factorial as sub factor. Solutions for foliar application were prepared by using Zinc- chelate (7.5%) and Boron (5%). In this experiment, traits measured were involved leaf chlorophyll index (SPAD), leaf proline content, cell membrane stability index, maximum quantum efficiency of PSII (Fv/Fm), grain yield, biological yield and harvest index. To determine leaf chlorophyll index (SPAD), digital chlorophyll meter (SPAD-502) was used. To determine leaf proline content Bates *et al.*, (1973) method was used. To determine cell membrane stability index (CMSI) Lutts*et al.*, (1996) method was used and according to equation 1. The Fv/Fm was measured with a portable Photosynthetic Efficiency Analyser PEA (Walz, Germany) and according to equation 2.

1: $CMSI=(1-(EC_1/ EC_2))\times100$

2: $Fv/Fm= (Fm-F0)/Fm$

Where in this equation EC_1 is primary electrical conductivity, EC_2 is secondary electrical conductivity, Fm is the maximum fluorescence, F0 is the minimum fluorescence, and Fv is the variable fluorescence (Fm-F0). Grain yield was estimated after physiological maturity and through total spikes harvested from the level of 1 m^{-2} per plot and after removing 0.5 m from the beginning and end respective planting rows. To measure the biological yield at maturity, after removing 0.5 m from the beginning and end respective planting rows from the level of 1 m^{-2} per plot all the plants were harvested and weighted for each plot separately. Harvest index was determined by the equation grain yield/biological yield × 100. Analysis of variance was performed by using general linear model (GLM) procedure of statistical analysis system (SAS version: 9.1). Traits means were compared by LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that with delay in planting due to terminal heat stress all traits such as leaf chlorophyll

1- PhD student, Faculty of Agriculture, Lorestan University
2- Associate Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University
3- Professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University
(*- Corresponding Author Email: eisvand.hr@lu.ac.ir)

index (SPAD), cell membrane stability index, Fv/Fm, grain yield, biological yield and harvest index except leaf proline content decreased significantly. Seed inoculation with bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria improved significantly all physiological and agronimic traits of bread wheat (Aflakcultivar) except harvest index in both the optimum planting dates and delayed. Between the different levels elements foliar application of zinc and boron, combined application of zinc+boron was more effective on physiological and agronomic traits of bread wheat (Aflakcultivar), and could reduce the harmful effects caused by the delay in planting. The interaction of seed inoculation with bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria and elements foliar application of zinc and boron except harvest index improved significantly harmful effects caused by the delay in planting on traits leaf chlorophyll index (SPAD), leaf proline content, cell membrane stability index, Fv/Fm, grain yield and biological yield to values 3.37%, 12.29%, 6.48%, 3.02%, 17.25% and 24.04%, respectively. Between interaction of bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria and elements foliar application of zinc and boron, the use of zinc nutrient than application of combining it with boron was more effective in reducing the harmful effects resulting from delay in planting.

Conclusions

In general it can be concluded that the optimum planting date (21 November), seed inoculation with bio-fertilizer containing phosphate solubilizing bacteria and elements foliar application of zinc and boron especially zinc, is three strategies appropriate management to improve physiological and agronomic traits of bread wheat (Aflakcultivar)in the Ramhormoz city.

Keywords: Cereals, Chlorophyll, Heat stress, Micronutrients